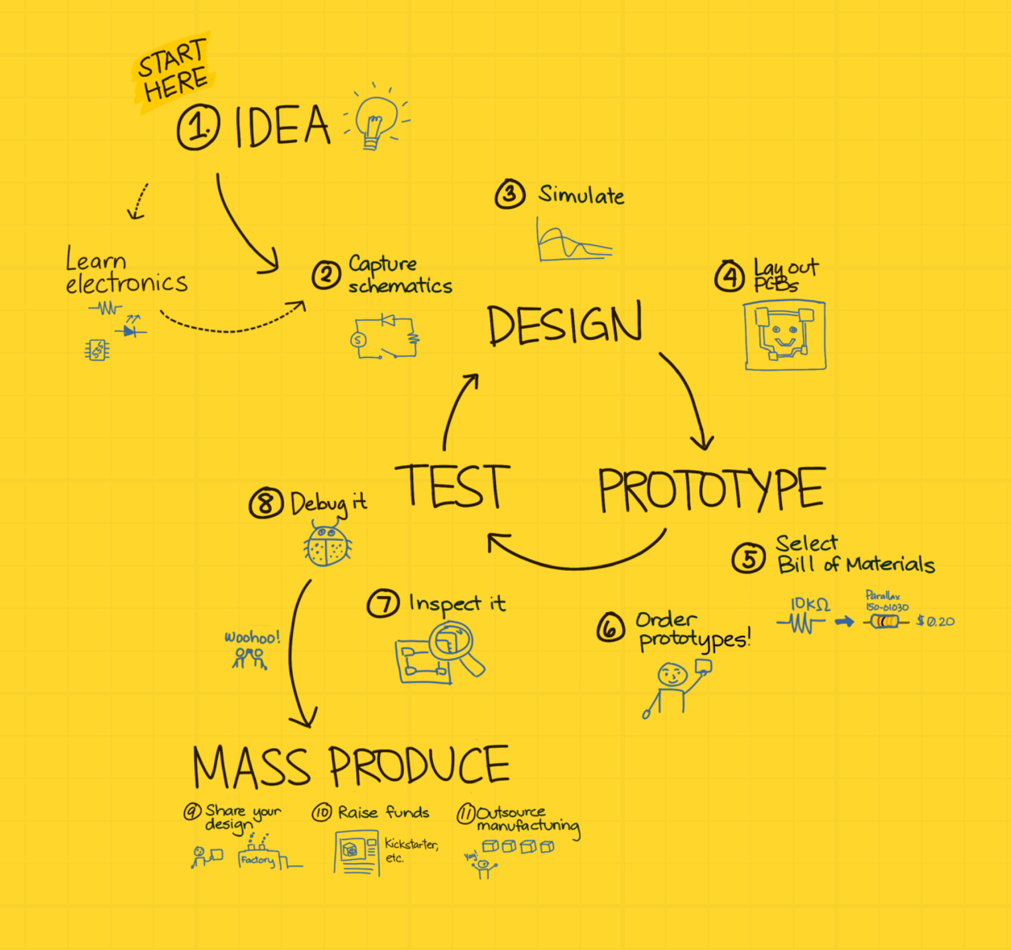
دليل upverter للطامحين في بدء مشاريع عتادية



ترجمة
مجموعة العتاد مفتوح المصدر
والتصنيع الشخصي

دليل Upverter

للطامحين في بدء مشاريع عتادية

الإصدار ١.١ (٢٠١٣\٩\١٥)

ترجمة

مجموعة العتاد مفتوح المصدر

والتصنيع الشخصي

كتيب عملي موجهة لإلهام الطامحين ببدء مشاريع عتادية (Hardware) ويهدف إلى توفير:

- الحافز، تفعيل المزيد من بدايات مشاريع عتادية والمزيد من الهاكثونات (Hackathons) الناجحة.
- الغاية، تعليم المهتمين بالإلكترونيات كيف يبنوا عتاداً.
- الأجوبة، أين أتعلم كيف أصمم/أبني عتاداً.

هذا الكتيب من إنتاج **Upverter** وقامت بترجمته مجموعة **العتاد مفتوح المصدر والتصنيع الشخصي OHDIY**.

- النسخة الإنجليزية:

www.upverter.com/learn/en/preface/

- النسخة العربية:

www.upverter.com/learn/ar/preface/

للمساهمة أو أي أسئلة أو استفسارات حول هذا الكتيب ومتابعة آخر الأخبار المتعلقة بالعتاد مفتوح المصدر Open Hardware والتصنيع الشخصي DIY وما يتعلق بهم خاصة في الوطن العربي، تابع صفحة المجموعة على فيس بوك وتويتر:

FB.com/openhardwareDIY

Twitter.com/OHDIY

قام بالتنضيد والإخراج الفني لهذه الوثيقة **أحمد م. أبوزيد** كجزء من مشروع "**كتب عربية حرة**".

www.LibreBooks.org

وذلك باستخدام برمجيات حرة مفتوحة المصدر حصراً وبشكل كامل، شكرًا لنظام أوبنتو لينكس، المجموعة المكتبية ليبر أوفيس، محرري الرسوميات جِمب وإنكسكيب، الخطوط الحرة Droid Arabic Kufi, Droid Arabic Naskh, Droid Serif وغيرهم من البرمجيات الرائعة.

الفهرس

START HERE

① IDEA

Learn electronics

② Capture schematics

③ Simulate

④ Lay out PCBs

DESIGN

PROTOTYPE

⑤ Select Bill of Materials

10KΩ → Parallax 150-01030 $0.20

⑥ Order prototypes!

TEST

⑦ Inspect it

⑧ Debug it

Woohoo!

MASS PRODUCE

⑨ Share your design

Factory

⑩ Raise funds

Kickstarter, etc.

⑪ Outsource manufacturing

Yay!



القسم الأول

تعلُّم الإلكترونيات

العتاد بالنسبة للإلكترونيات كالبرمجيات بالنسبة لعلوم الحاسب. هناك البعض منا ممن تدربوا كمهندسي كهرباء، والبعض الآخر كمهندسي معلوماتية، وبالرغم من أن هؤلاء لديهم أسبقية نوعا ما في مجال العتاد بحكم اختصاصهم، إلا أن هذا النوع من التدريب ليس مطلوباً بشكل مطلق. بكلمات أخرى، أنت لست بحاجة لشهادة هندسة كهربائية لبناء شركة عتادية، بل تحتاج فقط لفهم الأساسيات في مجال الإلكترونيات ومعرفة الحاجات والمشاكل التي تنتظر الحل.

هذا المرجع موجود ليساعدك كي تنطلق من الصفر حتى تحصل على المنتج بأسرع شكل ممكن، وقد تمت كتابته لتسريع وتيرة إنشاء شركات عتادية جديدة، وذلك عبر شرح المراحل التي تمر بها عملية الحصول على منتج إلكتروني استهلاكي وإزالة أكبر قدر ممكن من المخاوف التي تعتري الناس في بناء وتصميم أشياء حقيقية.

إن الحصول على المهارة في هندسة العتاد تتطلب التمكن في مجال الإلكترونيات، لكن الأمر لا يقتصر على ذلك، فمن الضروري أيضاً الإلمام بمجالات البرمجيات والتصميم الصناعي. لكن لا تخف، فليس أياً منها مطلوب لتبدأ؛ فإنك سوف تتعمق في هذه المجالات عند مضيك في تصميم وتصنيع منتجك الأول.

سننطلق بداية بعرض بعض المعلومات الأساسية حول الإلكترونيات. هناك فعلياً الكثير من الممكن تعلمه حول تفاعل الإلكترونات والبروتونات، وأيضاً عن الترانزستورات وكيف يتم تحليلها رياضياً، والفيزياء التي تجري في عملية المحاكاة. لكن وعلى التوازي مع دعوتنا لك لكي تهتم بكيفية عمل الأجهزة التي صممتها بما تقوم به، فإنه نسبياً لا يتطلب منك معرفة أي شيء للبدء بتصميم العتاد.

يمكنك اعتبار المعلومات الأساسية التي سنبدأ بها على أنها مشابهة لكتابة كود "أهلا بالعالم" (Hello World) بالنسبة للبرمجيات. وإن كان لديك إلمام مسبق في الإلكترونيات، فإننا نشجعك للانتقال إلى مرحلة وضع الأفكار.

تعلم الأساسيات

هناك العديد من الدروس المفهومة والتفاعلية لتعلم الإلكترونيات، وإننا نشجعك على تجربتها جميعاً. ما يلي هو نظرة عامة بسيطة جداً للمفاهيم وأنواع العناصر الكهربائية والإلكترونية الموجودة في معظم الأجهزة.

هدفنا أن نقدم لك ما يمكنك أن تبدأ منه عملية التفكير، ورجاءً مرة أخرى انظر لفقرة المراجع من أجل فهم أكثر لأساسيات الإلكترونيات.

الجهد الكهربائي (الفولتية)

يُعطى هذا الاسم لكمية الإلكترونات في سلك قياساً لكمية أخرى في سلك آخر. يمكن تشبيه الإلكترونات بالماء المتدفق من الأعلى إلى الأسفل، وبشكل مشابه يدل الجهد على الاتجاه الذي ستسلكه الإلكترونات عندما يتم وصل سلكين ببعضهما.

المنبع والأرضي

هذه الأسماء تستخدم ببساطة لوصف قيم جهد معينة لغرض السهولة. فمن المفيد مثلاً اختيار أحد العقد كمرجع واعتبار قيمة الجهد عندها صفراً، وبحيث يتم قياس باقي قيم الجهد في الدارة بالنسبة لهذه النقطة المرجع (نسميها "الأرضي")، فمثلاً عندما نقول أن جهد عقدة ما هو +٥ فولت فهذا يعني أنها أزود بـ ٥ فولت عن جهد العقدة الأرض.

التيار الكهربائي

كما رأينا، فإن الجهد كلمة تعطينا الفرق في الطاقة الكامنة (الكمون) بين عقدتين. أما "التيار" فهو مفهوم مهم آخر، فهو يصف كمية الطاقة التي تتدفق في مسار داخل الدارة ويمكن تشبيهها لكمية الماء المتدفق عبر أنبوب.

الممانعة الكهربائية

الممانعة هي المقاومة التي تعيق تدفق الإلكترونيات بين عقدتين في دارة. إن الممانعة أداة مهمة للتحكم بالجهد والتيار في الدارة، وسوف نستخدمها لتشكيل فولتيات محددة أو تحديد التيار الذي سوف يمر في ديود ضوئي، وأيضاً للتأكد من عدم وجود حالة قصر (وصل) بين الاستطاعة والأرضي.

الديجيتال والأرقام الثنائية

يفهم البشر الحالات الثنائية (مثل On أو Off) أفضل من فهمهم للتدريجات الأنالوغ. وكنتيجة فإن معظم الإلكترونيات المنتجة هذه الأيام هي ديجيال، المعتمدة على الإشارات الرقمية الثنائية، عوضاً عن الاتصال بين المكونات بالأنالوغ. إننا نرسل تشكيلات محددة من الجهود المرتفعة والمنخفضة (أصفار ٠ وواحدات ١)، والتي تفسر لاحقاً كأوامر، وأيضاً هي صنف معمم جداً من المكونات التي تشكل عتاد معظم المنتجات، وأهمها هو التالي.

المتحكمات الصغرية

وهي فعليا أكثر المكونات شهرة في الأجهزة الرقمية، فهي مع كلفتها القليلة تسمح للجهاز أن يفكر وتتيح له أن يشغل برامج مختلفة، وهي موجودة في معظم الأجهزة الإلكترونية التي لديك.

الحساسات

هذه المكونات تسمح لجهازك بالاستماع للعالم الخارجي، فبإمكانها أن تتحسّس لكل شيء بدءاً من الإضاءة إلى الحرارة والحركة وعندما يتم وصلها مع المتحكمات الصغرية وأدوات الاتصال، فإنها تمكنك أن تستمع وتفكر وتشارك.

التخزين

هذه المكونات تسمح لك بأن تسجل البيانات الثنائية (الرقمية)، وهي تأتي بمختلف الحجوم، وغالباً ما تتصل بشكل مباشر مع المتحكمات الصغرية أو الحساسات أو أدوات الاتصال، وتعطي لجهازك ذاكرة.

أدوات الاتصال

هذه المكونات تسمح لك بالتخاطب مع الأجهزة الأخرى. هناك أجهزة متوفرة للمستهلك العادي يمكنها أن تتواصل بمختلف اللغات الشائعة المعروفة (البلوتوث، الاتصال اللاسلكي واي فاي، الأشعة تحت الحمراء إنفرا ريد ... إلخ)، وعادة ما تختلف فيما بينها بمساحة التغطية وعرض المجال والسرعة والسعر.

ذلك كان الدرس السريع. معظم الأجهزة التي سوف تقوم بتصميمها ستتضمن معظم هذه المكونات، لذلك فإن القدرة على التصميم تتطلب بعض الإدراك لكل من هذه المفاهيم.

لا مشكلة إذا اختلطت الأمور قليلاً وكانت غير واضحة، فهي ستتوضح مع الوقت. والآن نحن جاهزون للانتقال إلى طور مرحلة وضع الأفكار.

القسم الثاني

التصور

"وضع الأفكار" هو المرحلة الأولى الحقيقية في دورة تصميم المنتج، وهو عملية تكرارية يمكنها أن تنتج قائمة مبدئية من المكونات الأساسية مع فكرة عامة عن كيفية ربطها مع بعض، وربما حتى مجموعة من المكونات الأساسية التي سوف تشبكها ببعضها البعض في تصميمك.

إن الهدف الأساسي من علمية "وضع الأفكار" هو:

١. أن تحدد مجال مشكلتك من وصف عام إلى شيء قابل للتنفيذ.
٢. إدراك أفضل طريقة لمعالجة تلك المشكلة.
٣. أن تكتشف ماهي أجزاء العتاد التي ستساهم في الحل.

سوف تمضي الكثير من الوقت في عصر الأفكار ورسم دارات صغيرة ومخططات صندوقية والبحث في الأشياء التي قام المصممون ببنائها سابقاً. ستحتاج لذلك لوحاً أبيضاً وقليلاً من الأوراق وبعض الأشخاص لتبادل الأفكار، وربما عليك البدء بتكوين فريق تعاوني لذلك. عليك أن تحتفظ بالكثير من الملاحظات، وعليك أن تحاول الخروج بسرعة من مرحلة "وضع الأفكار" إلى نشاطات أخرى أكثر عملية.

ولكن كمعظم الأفكار العظيمة؛ فإن فكرتك على الأغلب موجودة في ذهنك مسبقاً وهي السبب في كونك تقرأ هنا هذا الدليل. أو أنها لم تأتيك بعد. وغالباً لا يمكن إجبار الفكرة على القدوم، بل إنها ستأتي في وقتها.

> تميل أفضل أفكار الأعمال الناشئة لأن تمتلك ٣ أشياء مشتركة: هناك أشياء يرغبها المؤسسون بحد ذاتهم، والتي يمكنهم بناؤها بأنفسهم، وهي أفكار لم يدرك الكثير غيرهم أنها مفيدة أو ممكنة التنفيذ؛ مايكروسوفت وأبل وياهو وغوغل وفيسبوك بدؤوا بهذه الطريقة.
>
> **--بول غراهام**

هناك أربع عتبات أساسية في مرحلة وضع الأفكار (الفكرة - الاستكشاف - اختيار الأجزاء - اللوح الأبيض والمخططات الصندوقية).

الفكرة

المتطلبات المسبقة:

- إدراك بسيط لأساسيات الإلكترونيات.

الأدوات:

- خبرات حياتية.
- لوح أبيض.

الخطوة التالية:

- الاستكشاف

حالما تملك فهماً بسيطاً لمفاهيم أساسيات الإلكترونيات ومجموعات المكونات الإلكترونية عندها تكون جاهزا للانتقال إلى عتبة الفكرة في مرحلة "وضع الأفكار".

من المحتمل أنك بدأت فعلاً من هنا: هل تشعر بمشاكل حقيقية تواجهها أو ما زلت تواجهها؟ بعض جوانب العالم معطوبة أو وعرة وتعيقك عن التقدم؟ أو أنك لاحظت أن معظم المشاكل الحقيقية لا يمكن حلها فقط من خلال تطبيق برمجي App، بل أنك تحتاج لتصميم وبناء شيء فيزيائي عتادي لتحل هذه المشكلة؟ جميل! لقد كتبنا هذا الدليل لجعل حياتك أسهل قليلاً وتشجيع منتجك على للظهور، ولجعل احتمال نجاح شركتك أكبر.

في حال أتيت إلى هنا دون مشكلة لحلها، فإنه يوجد بعض الروابط في قسم المراجع التي ستساعدك على اكتشاف كيف تجد أفكارك. انظر إلى شيء ما حقيقي، شيء ما خبرته بنفسك. شيء مستوحى من معاناة أو صعوبات مررت بها وتود بإخلاص أن تجد حلا لها. نتمنى لك الأفضل في بحثك، وقليلاً من التمني أن المعاناة التي تركز على حلها هي جزء من معاناتنا أيضاً.

حالما تجد الفكرة فأنت جاهز لبدء تجميع أجزاء الحل، وذلك يبدأ بالبحث والاستكشاف.

الاستكشاف

المتطلبات المسبقة:

- إدراك بسيط لأساسيات الإلكترونيات.
- الفكرة أو المشكلة لحلها (اختياري).

الأدوات:

- مجتمع مهتم بالعتاد.

الخطوة التالية:

- اختيار المكونات.

حالما تجد الفكرة، فإنك جاهز لتجميع الأجزاء مع بعضها للحل، ولتبدأ الاكتشاف والاستكشاف.

منذ عشر سنوات كان الاستكشاف يعني البحث عبر مجلدات وكتيبات القطع العتادية، ولكن هذه الأيام يوجد مصادر رائعة على الويب لهذا النوع من الاستكشاف (انظر لفقرة المصادر).

لتكون البداية معقولة ابدأ بتفحص تصميمات تقنيات تفهمها أو لديك بعض المعرفة بطرق عملها، وتابع استكشافك لتقنيات مشابهة ولكن جديدة عليك، وتابع الاستكشاف على هذا المنوال. ستجد عبر ذلك طرقا جديدة لوصل القطع نفسها، كما ستكتشف أنماطا عامة ومشتركة لتوصيل القطع الإلكترونية. خذ ملاحظات حول هذه القطع، فإنه من الجائز أن تصبح حجر الزاوية في أجزاء من تصميمك.

في الوقت الذي تكتشف فيه تصميمات لأجهزة جديدة لم تكن تعرفها، يجب أن تكون متيقظاً ومنتبهاً لتحديد الأجهزة والقطع القريبة لما تطمح أن تحققه بنفسك، ولكن تلك الأجهزة التي على الرغم من قربها لما تطمح إليه إلا أنها ليست مناسبة تماماً لما تريده، حيث ربما من اللازم تعديلها أو إعدادها بشكل مختلف.

هنا تبدأ لحظة "وجدتها"، وهنا يمكنك أن تبدأ القول: «حسناً، لو أخذت هذه الدارة وتلك الدارة والأخرى التي هناك وشبكتهم مع بعض ... لو غيرت إعدادات U12 ...» بكلمات أخرى، فإنه بعد تحديدك للفكرة أو للمشكلة التي تريد حلها، وبعد الإطلاع على تصميمات أجهزة تقوم بحل مشاكل شبيهة بمشكلتك، فإنك ستجد نفسك تلقائياً مستعداً لهندسة الحل الجديد.

حاول ألا تحط من قيمة الاستكشاف وإعادة الاستخدام، فإنها سوف توفر لك الكثير من الوقت وستساعدك على تجنب سلوك مسارات عقيمة في التصميم سبق تجريبها. هذه الأجزاء المختلفة والمتفرقة (ولكن الكثيرة أيضاً) من الخبرة هي التي تجعل مصممي العتاد المتمرسين جيدين في ما يقومون به، ووفرة هذه المعرفة حالياً وسهولة الوصول إليها في العصر الرقمي والإنترنت هي السبب في جعل هندسة العتاد اليوم أسهل مما كانت عليه في العقد الماضي.

حالما تقوم باستكشاف بعض من الأجزاء الرئيسية المفيدة في بناء ما تطمح إليه، أو على الأقل عند إدراكك لما تم تجربته في السابق، فإنك جاهز للانتقال لمرحلة اختيار المكونات الأساسية.

اختيار المكونات

المتطلبات المسبقة:

- مفهوم عام عن التصميم.
- المكونات الرئيسية للتصميم (اختياري).

الأدوات:

- مجتمع مهتم بالعتاد.

الخطوة التالية:

- لوح أبيض للكتابة، ومخططات صندوقية.

حالما تقوم باستكشاف بعض من الأجزاء الرئيسية المفيدة في بناء ما تطمح إليه، أو على الأقل عند إدراكك لما تم تجربته في السابق، فإنك جاهز للانتقال لمرحلة اختيار المكونات الأساسية.

على الأغلب أنك لاحظت أثناء استكشافك أن بعض الأجزاء تظهر في معظم التصميمات التي نظرت إليها، أو أنك عثرت على قطعة إلكترونية رائعة تقوم بحل مشكلة معينة تحاول أنت حلها. مهمتك الآن أن تأخذ هذا الإلهام الذي حصلت عليه من استكشاف ما يتعلق بمشكلتك وإن تستخدمه في البحث عن الشرائح الإلكترونية المناسبة.

من الطبيعي أن تملي عليك فكرتك الشرائح التي سوف يتعين عليك استخدامها كأساس لتصميمك. فعلى سبيل المثال، أثناء عملي في تصميم وبناء عتاد اتصالات على التعقيد، كنا ندرك أننا بحاجة لشرائح سيليكونية للتعامل مع التشبيك، شرائح سيليكونية أخرى للتعامل مع المعالجة، وأخرى للتعامل مع واجهات التخاطب. لذلك كان لدينا أيضاً مجموعة كبيرة ومرجعية من التصاميم المتعلقة بمجالنا، بحيث أن البحث عن المكونات الأساسية كان عملية مطابقة بين ما نريد تحقيقه وبين القطع والتصاميم الموجودة، وأيضاً مطابقة القطع والتصميم الموجودة فيما بينها بحيث تكون قادرة على العمل معاً.

سوف تمضي أغلب بحثك في مواقع مصنعي الشرائح الإلكترونية وموزعيها. لتقوم بالبحث يجب أن تكون مدركاً بشكل كافي للشريحة، وسوف تمضي غالباً بعض من الوقت في قراءة دفتر مواصفات الشريحة، والذي يمكن النظر إليه كموسوعة خاصة بهذا القطعة المحددة، فهو يخبرك بكل شيء تريد معرفته عنها، وبذلك تعرف مثلا ما هي طبيعة الطاقة التي تحتاجها هذه الشريحة وأي من اللغات تستخدم الشريحة للتخاطب مع باقي الشرائح.

أثناء اختيارك للمكونات الأساسية، فإنك سوف تنتقل إلى مرحلة اللوح الأبيض والمخططات الصندوقية لتصميمك، وفي هذه المرحلة يمكنك أن تتوقع أن تبدأ القفز بين كل مراحل التفكير.

اللوح الأبيض والمخططات الصندوقية

المتطلبات المسبقة:

- مفهوم تصميمي قوي.
- المكونات الرئيسية للتصميم (اختياري).
- المكونات الأساسية.

الأدوات:

- اللوح الأبيض.

الخطوة التالية:

- الكثير من التفكير.
- وضع المخطط النظري.

طالما بدأت في اختيار المكونات الأساسية، فإنك سوف تنتقل إلى مرحلة اللوح الأبيض والمخططات الصندوقية لتصميمك، سوف يبدو ذلك كتقدم طبيعي بين البحث عن العناصر ووضع المخطط النظري، سوف تجد على الأغلب بعض المكونات التي تحتاجها، ولكن سيكون هناك فجوة بينها، لن تتحدث مع بعضها البعض بنفس اللغة، أو أنها ستحتاج مستويات مختلفة من الاستطاعة، أو أنها تبرمج بطرق مختلفة، وهذا هو المكان لتخطط صندوقياً لهم، أو ببساطة رسمها على ورقة.

هدفك هو فقط الإحساس بشعور كيف لمختلف المكونات أن تتصل مع بعضها البعض في أعلى المستويات. كم عدد وحدات تغذية مختلفة تحتاج؟ ما هي المكونات التي تتحدث LVDS أو HGMII أو I2C؟ أين تحتاج لمحولات الإشارة؟ أين تحتاج موصلات؟ هل هناك أحد المكونات التي تأتي كأزواج مع مكونات أخرى؟ ما هو مقدار الاستطاعة الذي تحتاجه؟ ما هو مقدار الحرارة الذي ستشكله كل هذه الشرائح؟

بالطبع أنت لست بحاجة لأن تجيب على كل هذه الأسئلة الآن، ولكن يجب أن تبدأ التفكير بها، يجب أن تحصل على شعور كيف سيناسب منتجك المكان وكم من الحجم الذي سيحتاجه، حالما تبدأ الإجابة على بعض هذه الأسئلة يمكنك أن تبدأ برسم تجريبي لمنتجك منطقياً وفيزيائياً. وهدفك يجب أن يكون مخطط منطقي في أعلى المستويات؛ يري الاتصال بين المكونات الأكثر أهمية، ويعطيك نقطة البداية لرسم المخطط النظري.

حالما يتم تثبيت المخطط الصندوقي، فإن المكونات الأساسية تتوقف عن التغير بكل سريع، ومفهومك التصميمي قد تبلور، وأنت جاهز للانتقال من مرحلة اللوح الأبيض إلى مرحلة تنفيذ المخطط النظري.

القسم الثالث

التصميم

التصميم أيضاً هو عملية تكرارية، في مرحلة معينة من مرحلة التفكير بالمخطط الصندوقي، سوف يصبح معقد للغاية، أو أن قائمة القطع سوف تصبح طويلة، أو أنك سوف تبدأ بتشبيك المكونات الرئيسية مع بعضها البعض في ذهنك. لديك الكثير من المتفرقات لتبدأ التصميم.

تاريخياً كان يلزمك أن تبحث عن مال كافي لشراء ما يقدر بـ ١٠٠,٠٠٠.٠٠ دولار من أدوات أتمتة التصميم الإلكتروني EDA أو CAD tools. تحتاج غلى الأغلب أن تأخذ دورة أو تقرأ كتاب مقرر لتعرف كيف تستخدم هذه الأدوات، وبعدها سوف تحتاج للدخول في عملية شاقة لأشهُر لإنشاء مكتبة من القطع على طريق إعادة تشكيل أفكارك أخيراً كمخطط نظري. ولكن الحمد لله هذه الأيام قد مضت، وفي هذه الأيام على الأقل لديك خيارات من برامج -ولو أقل ميزات- مجانية ومفتوحة المصدر، إلى أدوات متاحة على الويب، وبشكل واضح مازال هناك أحفاد لمنصات العمل البرمجية القديمة. هناك أيضاً عدد صغير من مكاتب ناشئة للمكونات ذات مصدر جموع والتي تهدف لإنهاء الألم المرافق لإنشاء مكاتب المكونات، وعلى الرغم من أن معظم هذه الأدوات والمكاتب جديدة على المشهد، فإنها تميل إلى توزيع المجرى الرئيسي لسوق البرمجيات الاحترافية.

حينما تختار حزمة البرمجيات وتهيئها لكي تعمل، فإن خطوتك التالية هي أن تربط الأجزاء مع بعضها البعض. أنت بحاجة إلى إنشاء الأجزاء. حوَل التفكير من المخطط الصندوقي إلى مخطط نظري، وابدأ وصل المكونات الأساسية.

هناك فقط عتبتين أساسيتين في مرحلة التصميم وهما تصميم المخطط النظري ومخطط الدارة المطبوعة ولكن عادة يتم إنشاء المكونات والمحاكاة أيضاً.

إنشاء الأجزاء

المتطلبات المسبقة:

- مفهوم تصميمي قوي.
- المكونات الأساسية.

الأدوات:

- أداة تصميم نظري: Schematic EDA tool.
- أداة تصميم فيزيائي: PCB EDA tool.
- نظام ERP (اختياري).

الخطوة التالية:

- إنشاء المخطط النظري.

هذه أقل من عتبة فهي على الأكثر شرح للعملية التي من خلالها يتم تحويل دفتر المواصفات إلى مكون للاستخدام في المخططات النظرية والفيزيائية PCB، ونظم ERP للمكونات الهندسية.

هناك حوالي ١٨٥ مليون مكوّن إلكتروني موثقة، من بين هذه الملايين هناك بضع ملايين فقط تنتج بشكل فعلي، وأقل منها الموجودة في السوق، على سبيل المثال DigiKey لديها فقط أكثر من ٢.٥ مليون من الطرازات و ٦٥٠,٠٠٠ فقط فعلياً في المستودع، في الوقت نفسه معظم القطع التي بالفعل أنت بالحاجة لاستخدامها، إنها شائعة وعلى الأغلب هناك أحد ما يستخدمها، وهي على الأغلب في حالة الإنتاج الفعلي وهي على الأغلب موجودة في مستودع في مكان ما.

كل مكوّن إلكتروني يكون موصوف بمستند يسمى دفتر المواصفات Datasheet. يحتوي دفتر المواصفات عادة على كل شيء تحتاجه أنت المهندس لتعرفه، يجب أن يحوي الأبعاد وأسماء الأرجل والمواصفات الفيزيائية وتفاصيل حول كم من السخونة والبرودة التي يمكن للمكون تحملها ويستطيع العمل معها، وأيضاً معلومات عملية مثل كيف تلحمه في PCB.

لسوء الحظ معظم هذه المستندات ليس قابلة للاستهلاك في الآلات وأنت المهندس بحاجة للمرور في العملية الصعبة في تحويل هذه المعلومات إلى تفاصيل ومعلومات EDA CAD. خاصة رمز المكونات النظرية، أسماء الأرجل وأماكن اللحام، وإذا كنت محظوظ ستختار المكون الصحيح من المكتبة الصحيحة، حيث أحدهم على الأغلب اختصر كثير من الوقت وأنشأ لك EDA سابقاً.

وبالتالي فإن نصيحتنا هي عوضاً عن توقع مكتبة كاملة من ١٨٥ مليون عنصر، والتي للأسف ليست موجودة وعلى الأغلب لن توجد، إننا ننصحك أن تستخدم مكتبة تقوم بأفضل دور بـ ١٠,٠٠٠ عنصر الشائع الاستخدام، ودور جيد في باقي ذيل العناصر الطويل؛ ١٠٠,٠٠٠.٠٠ عنصر أو ما يقارب ذلك.

ولكن هذا يعني أنك سوف تحتاج بشكل أكيد إلى إنشاء أو على الأقل تحسين زوج من المكونات. إذا كنت محظوظاً، سوف يكون ذلك ١١% فقط من القطع التي تستخدمها، وإذا لم تكن محظوظاً فإنها ٢٥% أو ٥٠%، وفي الاحتمال الأسوأ المطلق سوف تصمم بعناصر لم يسبق وأن استخدمهم أحد من قبل وأنت بحاجة لأن تنشئهم كلهم.

عندما تنشئ نموذج للعنصر في مكتبة، فإن هدفك هو أن يكون أقرب ما يمكن للواقع. من أجل رقم عنصر مميز يجب أن يكون هناك نموذج واحد ونموذج واحد فقط، هناك بعض الأماكن من أجل التفاصيل عندما يستخدم الشكل النظري للعنصر، ولكن على سبيل المثال رجل ٢٨ يجب أن يكون أرضي وكذلك يجب أن تكون في المخطط الفيزيائي.

وأيضاً واضعين في الذهن، عندما ننشئ نموذج لمكون، فإنه يجب أن تطلع على المفاهيم الأربعة التالية:

الصانع ورقم القطعة

هذا يفترض أن يسمح برابط غير مبهم يعود لعنصر واحد وواحد فقط، يجب ألا يعود إلى عائلة، أو عنصر من دون تحديد التحزيم. يفترض أن يكون تماماً الرقم للعنصر الذي إذا ما استدعيت المصنع وطلبته، يجب أن يوفروا لك تماماً العنصر الذي توقعته.

دفتر المواصفات

هـذا يجـب أن يـأتي مـن الصـانع الأصـلي ويحـوي معظـم التفاصـيل الممكنـة المعروفـة حـول العنصر. دفتر المواصفات قد يوجد للعائلة التي ينتمي لها العنصر الخاص بك. ولكن هذا جيد طالما أن دفتر المواصفات الذي تختاره هو محدد قدر الإمكان.

الرمز النظري

إنه النموذج النظري للقطعة التي سوف تستخدمها في تصميم المخطط النظري. إنه الشيء الوحيد الشخصي للقطعة. بعض المصممين يفضلون رسم رموزهم بشكل مختلف، لا مشكلة ولكن يجب أن يكون مثالي وأيضاً تتوفر كلها إن أمكن كمتحولات للرمز لنفس القطعة. ويجب أن تبقى أسماء الأرجل كما هي ثابتة عبر الاختلافات.

شكل الموضع على الـ PCB

هذا هو النموذج الفيزيائي لكيفية ارتباط العنصر لـ PCB. شكل الموضع هذا يجب أن يتضمن الطبقة الحريرية Silkscreen.

من أجل التسمية المرجعية، الأسماء وموضع الرجل ويجب أن تحوي مواضع نحاس لكل رجل من المكون.

أياً تكن أداة EDA أو المكتبة المنشأة، فإنه يلزم أن تستخدم أدوات إدارة المكتبة التي سوف تسمح لك لتعدل القطع الموجودة، أو تنشئ عنصر جديد، أو إضافة شكل نظري، أو شكل فيزيائي. يمكنك أن تبدأ الآن بإيجاد أو تدقيق أو تحسين أو إنشاء المكونات الأساسية.

حالما تكون مكوناتـك جـاهزة يمكنك أن تسـتخدمها فـي أداة المخطـط النظـري أو المخطـط الفيزيائي PCB.

إنشاء المخطط النظري

المتطلبات المسبقة:

- مفهوم تصميمي قوي.
- تصميم المكونات الأساسية (اختياري).
- المكونات الأساسية.
- المخططات الصندوقية.

الأدوات:

- أداة تصميم نظري: Schematic EDA tool.

الخطوة التالية:

- المحاكاة.
- المخطط الفيزيائي PCB.

طالما أصبحت العناصر الأساسية والمخطط الصندوقي، والمفهوم تصميمي متين، أنت جاهز للانتقال إلى مرحلة إنشاء المخطط النظري.

المخطط النظري يبدو للمحة الأولى أنه شاق، ولكن هو بالحقيقة سهل للغاية. إنه أكثر قليلاً من الاستمرار في التخطيط الصندوقي واللوح الأبيض الذي قمت به في مرحلة التفكير. سوف تستخدم على الأغلب حزم EDA، ECAD أو CAD لتصميم المخطط النظري. هذا النظام سوف يسمح لك بإنشاء المكونات ووضعهم وتحريكهم داخل مساحة ووصل أرجلهم مع بعض، اتصال يسمى Net ويمثل سلك كهربائي متوجه بين هذه الأرجل.

إن هدفك في المخطط النظري هو أن تتحول من مساحة فارغة إلى مجموعة من المكونات الأساسية الموصولة مع بعضها البعض. هذا العمل النظري يجب أن يعمل. يجب أن يولد استطاعة من استطاعة أخرى، ويجب أن يوصل الاستطاعة للأجزاء التي تحتاج ويجب أن تعمل، ويجب أن يصل المداخل والمخارج المجردة.

ولكن للمبتدئين: أنت بحاجة لأن تبدأ إضافة المكونات الأساسية ووصلهم بالأرجل الصحيحة. والخطوة التالية هي أن تضيف أجزاء الوصل وأن تبدأ بوصلهم بكل شيء آخر، ثم أحضر المكونات غير الفعالة ومكثفات الفلترة والمكونات المساعدة.

معظم محررات المخططات النظرية تعمل كالمتوقع. هناك الكثير من الأدوات لإضافة وتحريك وإزالة المكونات، أدوات لوصلهم وأدوات لتعديل خصائص الأجزاء. وأدوات للتأكد من عملك.

سير عملك:

- أضف المكونات الأساسية.
- اقرأ دفتر المواصفات (الاستطاعة).
- صل الاستطاعة.
- اقرأ دفتر المواصفات (نواقل الاتصال).
- صل نواقلهم.
- أضف أجزاء الوصل.
- اقرأ دفاتر المواصفات.
- صلهم للاستطاعة وكل شيء آخر.
- أضف المرشحات والأجزاء الأخرى.
- اقرأ دفاتر المواصفات.
- صل الأرجل المتبقية.
- تأكد وتأكد بشكل مضاعف.

حالما تحصل على مخطط نظري متماسك، يمكنك الانتقال إلى مرحلة المحاكاة أو المخطط الفيزيائي PCB.

المحاكاة

المتطلبات المسبقة:

- مخطط نظري قابل للمحاكاة ولائحة من التوصيلات.

الأدوات:

- محاكاة إشارة تماثلية أو مختلطة (Verilog-A أو Spice).

الخطوة التالية:

- مزيد من التخطيط النظري.
- المخطط الفيزيائي PCB.

حالما تحصل على مخطط نظري متماسك، يمكنك الانتقال لتقوم بالمحاكاة.

بشكل عام تستخدم المحاكاة لتجريب الإشارات التماثلية أو المختلطة في التصميم، المحاكاة هي عملية نمذجة الدارة باستخدام الخواص الفيزيائية الإلكترونية المعروفة وباستخدام التخطيط لمنحيات الاستجابة. إنها شائعة بكثرة في محاكاة الصوت والاستطاعة ودارات ترانزستورات أنصاف النواقل قبل التصنيع. إنها تقدم طريقة فعالة زمنياً وفي التكلفة لتبرير علمية النمذجة، أو تلزم المصمم للعودة إلى الدارة المرسومة.

لتشغيل المحاكاة، أنت بحاجة إلى توليد شيئين اثنين: قائمة بتوصيلات الدارة ومجموعة من نماذج الأجزاء، القائمة بالتوصيلات توصف طريقة وصل كل العناصر. والنماذج تستخدم أشكال فيزيائية لوصف آلية عمل المكون. معظم أدواة EDA سوف تسمح لك باستكشاف قائمة التوصيلات Spice (هي نوع من أنواع المحاكيات) Netlist. سوف تحتاج لاحقاً إلى عملية شاقة في وصل قائمة التوصيلات بمكتبة النمذجة، وتشغيل المحاكاة.

في معظم المحاكيات سوف يعطيك هذا رسم ثنائي الأبعاد هو استجابة دارتك.

بعض من الـ EDA الأكثر تطوراً والأحسن لديها محاكيات ونماذج مبنية داخلياً، ما يعني أقل ألم في تصدير مخططك وأقل ألم في إيجاد وإرفاق نماذج مكوناتك. نحن ننصحك بشدة استخدام واحدة من هذه المحاكيات إذا كان ممكناً.

إن خرج المحاكاة سوف يكون رسم ويمكن أن يكون الفولتية بالنسبة للزمن أو الفولتية بالنسبة للتردد أو أي نوع من أنواع المحاكاة المختلفة، ولكن النقطة المهمة هي أن الرسوم المكونة التي سوف تحتاج إلى مقارنتها إما مع رسومات معروفة جيدة أو أن تقارنها مع فهمك للأمور لكيف يجب أن تعمل الدارة. في كلا الحالتين يجب أن تكون قادراً على أن تمنح دارتك التجريبية تقييم "نجاح" أو "فشل".

حالما ترسم الاستجابات للنبضات التي كنت مهتما بها، يمكنك أن تعود إلى المخطط النظري لكي تصلح الأخطاء أو الانتقال إلى المخطط الفيزيائي PCB لإنتاج نموذج من أجل تأكّد أكثر.

المخطط الفيزيائي PCB

المتطلبات المسبقة:

- المخطط النظري وقائمة التوصيلات.

الأدوات:

- أداة التصميم الفيزيائي PCB EDA.

الخطوة التالية:

- مزيد من التخطيط النظري.
- مراجعة التصميم.

حالما يجهز المخطط النظري يمكنك أن تبدأ بالمخطط الفيزيائي PCB. إن المخطط الفيزيائي يعتمد على المخطط النظري، ولذا فإنه سوف يكون دائماً بعد المخطط النظري.

هذا الاعتماد يمكن أن يكون عامل تحديد لخطية عملية تصميمك، الخطية الزائدة يعني زيادة القيد، خطية أقل تعني تشاركية أكبر في العملية وغالباً سوف ينتهي المخطط في أيام أو حتى في ساعات.

عندما تبدأ في تخطيط الدارة المطبوعة PCB، سوف تبدأ بالتأكد من أن كل العناصر التي استخدمتها في المخطط النظري لها شكل فيزيائي. إنه تأكد إضافي ولكن في بعض الحالات سوف تحتاج إلى إضافة أو تحديث الشكل الفيزيائي للعناصر التي لا تملك ذلك.

حالما تكون كل المكونات تحوي أشكال فيزيائية، يمكنك أن توضعها وتحصل على شعور كم من الكبر ستكون دارتك. انقل ووضّع القطع الأكبر بحيث تكون أقرب ما يمكن مع القطع الموصولة معها. كلما توضع قطع أكثر وأكثر، سوف يبدو منطقياً أكثر أن تبدأ التوصيل وخلط كل العناصر.

أخيراً معظم القطع سوف يكون لها مكان، معظمهم سوف يكون منظم في الطريقة الصحيحة، وأنت يمكنك أن تشبك الأرجل مع مسارات الأسلاك. إن توجيه الأسلاك ليس كالرسم أو التصميم المتجهي. أنت تبدأ في رجل غالباً باستخدام مسار كخط مستقيم أو بزاوية ٤٥ درجة ومن ثم تتوجه إلى الرجل الهدف. إنه شكل من أشكال الفن ولكن لا تقلق كثيراً حول أداء ذلك بالوجه الأمثل. من المتوقع أن تقوم ببعض المحاولات لتقوم بإزالة وتركيب كل الأسلاك مرة أخرى وإعادة العمل قبل الإنهاء.

مسار عملك:

- تأكد من أن كل الأجزاء النظرية لها شكل فيزيائي.
- ابدأ بتنظيم الفراغات في الدارة المطبوعة وبتوضيع الأجزاء الكبيرة.
- ابدأ وصل الأسلاك الكهربائية بالأجزاء.
- ابدأ تشبيك الأسلاك الأقل مخاطرة بالمسارات الكهربائية.
- استمر في العملية حتى انتهاء التصميم.
- تأكد وتأكد بشكل مضاعف.

حالما ينتهي مخطط الدارة المطبوعة PCB فإن المخطط النظري لا يحتاج تغيرات إضافية وأنت الآن جاهز للانتقال إلى مرحلة التحقق.

القسم الرابع

التحقق

كعميلة التصميم، التحقق هي أيضاً عملية تكرارية. في مرحلة ما خلال التصميم سوف تصل لنقطة ما تحتاج فيها إلى تجربة مفهوم ما أبعد من المتاح بالمحاكاة. أو ربما تعتقد أن تصميمك كامل. أو أنك فقط في نقطة مفترق، مهما كان السبب فإنك الآن بحاجة إلى التأكد من التصميم.

تاريخياً، أنت بحاجة إلى تصنيع ١٠-١٠٠ قطعة من التصميم، على الأغلب تسمى "ما قبل الإصدار" أو مراجعة A01. إنها تكلف حوالي ٥٠,٠٠٠ دولار من أجل هذه النماذج، ويمكن أن تستخدم من أجل كل شيء؛ من اختبار التشغيل إلى الاختبار في الوسط. نجاح المنتج يعتمد بشكل كبير على هذه الدارات A01. عندما تؤدي مرحلة التفكير ومرحلة التصميم بشكل جيد فإنه سيكون كذلك النموذج، سوف تحتاج إلى بناء مراجعة أخرى (تسمى غالباً B01) قبل أن يتم الدفع إلى الإنتاج والإنتاج بكميات كبيرة.

ولكن هذه الأيام، النمذجة أصبحت متاحة بسهولة، وأرخص، وأقل في العدد. إنه في الإمكان أن تحصل على نموذج وحيد ببضع مئات الدولارات وبغضون أيام. وفي هذه الأثناء قد ترغب بالحصول على نسخ أخرى في حال حدوث خلل، نحن نتجه بعيداً من عالم الكميات القليلة الإلزامية.

هناك عتبات أربعة أساسية في طور التأكد وهي (مراجعة التصميم - اختيار قائمة العناصر - النمذجة - التجريب وتتبع الأخطاء).

مراجعة التصميم

المتطلبات المسبقة:

- تحديد المتطلبات.
- التصميم المنطقي Schematics.
- التصميم الفيزيائي PCB.
- التصميمات الميكانيكية 3D Models.

الأدوات:

- مطبوعات وملفات بي دي إف (Offline).
- أدوات تصميم تعاوني (Online).
- برمجيات ملاحقة الثغرات.

الخطوة التالية:

- قائمة المواد.

إن عملية التأكد بدأت عبر مراجعة ندية بسيطة (يسمى في عالم البرمجيات المقابل مراجعة الكود).

من أجل تصميمات بسيطة يمكن أن يأخذ هذا مسألة ساعات، ومن أجل تصميمات أعقد يمكن أن تأخذ العملية بضع أسابيع، مع كثير من المراجعات البسيطة البينية. في لحظة ما يجب أن يشترك كامل الفريق ويقوم بتجوال شامل في التصميم، ويفضل أن يكون ذلك بشكل غير متزامن.

الهدف الرئيسي من المراجعة هو تحسين النموذج من أجل أكبر قدر من إمكانية تتبع العثرات، يجب أن تفترض أنه في أول نموذج هناك بعض المسائل، وأنت تحتاج إلى بناء أكبر قدر ممكن من أسلاك الأمان. هدفك النهائي أنه أثناء المرور الأول في التأكد يجب أن تعرف كل شيء تحتاجه، من أجل بناء نموذج ثاني لا يحتاج أي تعديل.

الأولوية الثانوية تتعلق بكل شيء من شكل التصميم إلى وضوح المخطط النظري إلى قابلية التصنيع إلى قابلية التجريب. كل واحد لديه مراوغاته الخاصة البسيطة وتفضيلاته، ومراجعة التصميم هي لقاء جميل من أجل تنظيم فريقك حول أسلوب متفق عليه.

توقع القيام ببضع المراجعات والقيام بتعديلات بينها، كلما كان المساهمين أكثر كلما كانت الأخطاء أقل في التصميم. هذه المرحلة ستتم الكثير من التغيرات في التصميم، ولكن نرجو أن تكون تغييرات بسيطة.

ستكون بحاجة إلى تبادل التصميم مع كثيرين من الأشخاص دون افتراض أنك ستصرف وقتهم في أداة التصميم، وكلما كانت أدواتك تشاركية كلما كانت عملية التكرار أسرع في هذا الطور. حالما يتم إزالة الإبهام عن التصميم لدى الفريق، فإنه ينتقل إلى عتبة اختيار العناصر، مراجعة قائمة المواد، والإدارة البديلة.

اختيار قائمة المواد

المتطلبات المسبقة:

- التصميم النظري Schematics.
- تمت الموافقة على التصميم المُراجع.

الأدوات:

- أداة تصميم BOM tool.
- نظام إدارة المواد ERP.
- برنامج جداول Spreadsheet.

الخطوة التالية:

- النمذجة.

حالما يتم إزالة الإبهام عن التصميم لدى الفريق، فإنه ينتقل إلى عتبة اختيار العناصر، مراجعة قائمة المواد، والإدارة البديلة.

أنت بحاجة الآن لمقابلة كل عنصر في تصميمك إلى عنصر آخر موجود في العالم الحقيقي. لا يوجد هناك مقاومة واحدة 10K وإنما الآلاف. معظم هذه الأجزاء ليست في السوق في أي وقت. ومئات ربما قد ألغيت. إذا كنت تخطط قُدماً، أو تستخدم أدوات تصميم متصلة، ربما هذه ستكون مرحلة سريعة، وإذا لا؛ ابق مستمراً وكل شيء سوف يكون قريباً.

الخطوة الأولى هي أن تستخرج قائمة المواد من أداة التصميم. سوف تكون على الأغلب بصيغة Excel Spreadsheet أو CSV. قائمة المواد يجب أن تحوي أكبر قدر ممكن من المعلومات حول مكوناتك (للأسف معظم أدوات EDA و CAD لا تحو ي ميزات إدارة مكونات قوية وكذلك مكاتب افتراضية أسوأ) لذلك يجب أن تحصل على ذلك القدر.

هناك بعض الشركات التي لديها نظم إدارة موارد ERP التي يستخدمونها لتخزين هذه المعلومات، وآخرون لديهم تطبيقات منفصلة لتنظيم الـ BOM الخاصة بهم.

بغض النظر عن ماذا بدأت به أو البرنامج الذي تستخدمه (يجب أن تخطط على الأقل أن تجمع هذه التفاصيل حول كل عنصر في ملف مثل هذا بصيغة إكسل)

- Manufacturer Part Number.
- Manufacturer Name.
- Any Internal Part Numbers Or Aliases You May Have.
- Any Assembly House or Fab House Aliases.
- Preferred Supplier.
- Supplier Part Number.
- Minimum Lead Time.
- Reference Designators.
- Qty 1 Price.

حالما يتم تهيئة الجدول وتعبئته بالأساسيات التي تلزمك للبدء في استكشاف كميات الأسواق ولديك على الأغلب بضع قطع عامة أو مخترعة وتحتاج قطع حقيقية. القطع التي تم إلغاؤها والقطع نفذت من السوق وأنت تريد أن تجد بدائل، هناك بضع خدمات يمكن أن تساعدك في هذا، أنت تبحث بشكل أساسي عن قطعة قريبة كفاية لها الشكل لها الآلية نفسها (نفس الحجم - نفس المواصفات - نفس التكلفة) وموجودة في السوق.

حالما تكون قائمة المواد متوافقة، وكل المكونات متوفرة وفي السوق من موزع واحد على الأقل، تكون جاهز للانتقال إلى عتبة النمذجة.

النمذجة

المتطلبات المسبقة:

- التصميم الفيزيائي PCB.
- تمت الموافقة على التصميم المُراجع.
- قائمة المواد BOM.
- توصيفات التصنيع والتجميع.

الأدوات:

- أداة تصميم Gerber tool.
- نظام إدارة الموارد ERP.
- برنامج جداول Spreadsheet.

الخطوة التالية:

- التحري واختبار التشغيل.

حالما تجمع قائمة المواد BOM ويتم مراجعة تصميمك ويتم وضع دارتك المطبوعة PCB، أنت جاهز لطلب بعض النماذج.

الآن سوف تحتاج إلى البدء ببناء أرشيف سوف ترسله إلى مختلف الصانعين ومقدمي الخدمات متضمنة بناء نماذجك. فكر بالأرشيف ككتيب دليل لكي يبنوا لك تصميمك. سوف يقومون بأفضل ما يمكنهم للتصنيع كما تقول لهم. إذا قلت لهم أن يقوموا بشيء خاطئ أو أعطيتهم ملفات خاطئة أو التوثيق متخبّط، فمن المحتمل الحصول على نتائج خاطئة ومع ذلك لا تزال بحاجة لأن تدفع لخطأك. هذا سبب كون عتبة مراجعة التصميم مهمة للغاية.

الأرشيف يجب أن يكون بصيغة.zip ويجب أن تكون مهيكلة كالتالي:

- readme.txt
- assembly_info
    - assembly_spec.txt
    - bom.csv
    - centroids.txt
- design_files
    - design_[[version]].json
    - link_to_online_design_viewer.url
- manufacturing_info
    - manufacturing_spec.txt
    - drill_files
        - [[long list of excellon drill files]]
- gerber_files
    - [[long list of gerber files]]
- misc
    - [[anything else you think they will need]]

هناك نماذج للملفات في فقرة المراجع. ولكن هذه تعريجة سريعة على كل من هذه الملفات ولماذا هي مطلوبة.

readme.txt

استخدم هذا الملف لتذكر المزوِّد من أنت، وما هي تفاصيل التواصل، ومتى تصميمك تم إنشاؤه، ومن يملك الحقوق ... إلخ. تريد أن يكون هذا المكان الأول الذي ينظروا فيه عندما يتعرضوا لارتباك.

assembly_spec.txt

استخدم هذا الملف لتذكير المجمّع بمستوى النوعية الذي تتوقعه، أي تحديد IPC يلتقي مع حاجتك، أي نوع من اللحام يستخدموه، أي عملية يجب أن أو لا يجب أن تستخدم. أي نوع من التحري مطلوب قبل أو بعد التجميع، يجب أن يكون هذا كتيب إرشادات للمجمّع، لا تكن خجلاً في وضع التفاصيل الواضحة.

bom.csv

قد يحتاج المجمّع إلى قائمة المواد ليحدد أي القطع تنتمي إلى أي مكان، اعتماداً على حجم التصميم والكمية المطلوبة، قد يحتاجوا للقيام بالتجميع باليد، وليس بطريقة مؤتمتة. هذه يجب أن تكون القائمة التي حصلت عليها في المرحلة السابقة.

centroids.txt

هذا ملف استهلاكي للآلة الذي يتعلق بمركز كل قطعة في المخطط. يجب أن تكون مسألة استخراج هذا الملف من أداة التصميم وتضمينه.

design_[[version]].json

هذا / هذه الملفات اختيارية. سوف تجني منها تقليل الوقت اللازم لعملية الإنتاج (باعتبار أن المزودين يمكنهم فتح هذه الملفات). في المقابل تحتاج لأن تثق في المزود ويحفظ على سرية الخصوصية الفكرية. ننصحك بإرسالها إلى المزودين، ما عدا الموجودين في الصين وجنوبي شرق آسيا.

link_to_online_design_viewer.url

إذا كـانت أدوات التصـميم لـديك تـدعم التعـاون ورؤيـة التصـميم بشـكل Online، عليـك إذاً إرسال رابط يسمح للمزود أن يستخدم ويشاركك في المصدر. حسب توقعنا فـي المسـتقبل، سيكون هذا الرابط الوحيـد الذي يجب عليـك إرساله للمزود، وسوف يـذهبون إلى المصـدر ويكونـوا قادرين على استخراج الملفات التصميمية اللازمة التي يحتاجونها لإنتاج منتجك.

manufacturing_spec.txt

اسـتخدم هـذا الملـف لتـذكر صـانعي الـدارات المطبوعـة خاصـتك بمسـتوى الجـودة المتوقـع. تحديد أي IPC يلتقي مع حاجتك، أي عملية يجب أن أو لا يجب أن تستخدم. أي نـوع من التحري مطلوب قبل أو بعد التصنيع، يجب أن يكون هذا كتيب إرشادات للمصنعين، لا تكن خجلاً في وضع التفاصيل الواضحة.

drill_files

هذه الملفات لاسـتهلاك الآلة، والتي تحـوي أحجـام وأمـاكن كل الثقوب، التي تحتـاج إلـى أن تكون في الدارة.بسبب عملية التصنيع سيكون هناك على الأغلب أكثر من ملف أو على الأقل طلب للتثقيب والملفات سوف تتضمن الأشياء غيـر الواضحة كثقوب مثل vias و fiducials. يجب أن تكون مسألة استخراج من أدوات التصميم وتضمينها.

gerber_files

هذه ملفات قابلة للاستهلاك، هذه الملفات تتضمن مستخرج للنحاس طبقة تلو طبقة (ما هو شـكل النحـاس المتبقـي فـي الطبقة بعـد حـك اللوحـة والـتي هـي عبـارة عـن فـايبر كلاس مغطـاة بالنحـاس)، كل ملف يوصف طبقة، وكل ملف يحـوي قائمة كبيرة من الأشعة، بعضها يضاف إلى الرسم وبعضها يطرح منه، والمجموع يشرح الطبقة.

Silkscreens والخطوط التوضيحية يجب أن تكون كملفات gerber. يجـب أن يكـون فقط مسألة استخراج هذه الملفات وتضمينها.

حالما تجمع هذه الملفات، أنت بحاجة إلى بدء التواصل مع المزودين. بعض الهواة وآخرين يظنون أن المزودين سيسمحون لك أن تقوم بهذا كله عبر استمارة في الموقع. بينما معظم المزودين الاحترافيين يطلبون مكالمة هاتفية ورفع لمخدم FTP.

مهما يأخذ من الزمن طلبات BOM، أو طلب دارتك المطبوعة، وطلب التجميع في النهاية يجب أن تتوقع أن تستلم تصميمك المجمّع خلال فترة بين ٥ إلى ٤٥ يوم.

بعد أن يتم وضع طلبك، سيحل أسوأ جزء من العملية كلها، بالانتظار سوف تسأم من الشعور بأنك قد أخطأت في مكان ما، وتذهب وتتأكد من التصميم أكثر من مرة. ربما ستكون هذه المرة الأولى في مرحلة التصميم حيث لن تكون أنت الفاعل الرئيسي. لذلك خذ بضع أيام راحة وأعد شحن طاقتك.

حالما يكون نموذجك تم تصنيعه وتجميعه وظهر أمام بابك، تكون جاهز للانتقال إلى مرحلة التحقق واختبار التشغيل.

التحري واختبار التشغيل

المتطلبات المسبقة:

- نماذج مجمعة.

الأدوات:

- برنامج تتبع الثغرات.
- مقياس متعدد.

الخطوة التالية:

- التجريب والتنقيح من الثغرات.

إنه الوقت لتبدأ التحقق حالما يتم تصنيع وتجميع نموذجك، ويظهر على بابك.

ملاحظة: من الشائع من أجل النمذجة أن تظهر في مرحلتين. اللوحة المطبوعة لوحدها بين مرحلة التصنيع ومرحلة تجميع العناصر، بحيث يمكنهم القيام بالتحقق قبل أن يتم لحم العناصر.

هذا غالباً يتم للتأكد من أن المصنعين قدموا مستوى الجودة المطلوب، وللقيام بالتحقق اللازم. يمكن أيضاً أن يوفر تكلفة العناصر من أجل قوائم المواد الغالية، في حال اكتشاف عدم فعالية المخطط في المخطط الفيزيائي وذلك قبل التجميع.

إن التالي نموذج ليساعدك في الوقت الذي تتحقق فيه من الـ PCA، PCB واختبار التشغيل.

- PCB Inspection.
- PCA Inspection.
- Turn-on Checks.

وهذه جولة بسيطة في كل عتبة، ماذا تبحث عنه؟ ولماذا تحتاجها؟

التحقق من PCB:

إن تصنيع الدارات المطبوعة لا يزال على الأغلب بالكيمياء الضوئية. النحاس يعالج ويعرض للأشعة فوق البنفسجية للتحكم بأي جزء من النحاس سوف يزال، وأيه سوف يبقى. وبالإبقاء في حمّام حمضي سوف يُحك النحاس وقد يكون لديك قصر بين المسارات، ولتعقيد الأمر، الدارات ذات الطبقات المتعددة تُحك بشكل منفصل ومن ثم تصفح سوية مما قد يسبب بعض عدم الانتظام في الطبقات الداخلية.

خلال هذا الجزء من عملية التحقق سوف تبحث عن دلائل عن التصنيع الفيزيائي في حال هناك خطأ أو حالات قصر، أو أماكن ليس من المفروض أن يكون النحاس فيها، وأماكن يجب أن يوجد فيها النحاس ولا يوجد فيها ... إلخ.

التحقق من PCA (اسم يطلق على النموذج بعد أن يُجمع):

تجميع الدارات المطبوعة والأجزاء إلى PCAs لا يزال بشكل كبير يتأثر بمشغلين بشريين. (كتركيب العجلات في آلة تجميع القطع الإلكترونية، تهيئة أنماط حرارة الفرن، تثبيت الأجزاء عبر الثقوب في ثقوبها قبل عملية اللحام، أو تجميع كامل للعناصر في الدارات الأصغر).

في هذا الجزء من عملية التحقق، أنت تبحث عن أخطاء بشرية. مثال: عنصر SMD 0802 تم لحمه في مكان ٠٦٠٣، TQFPs تم تدويرها ٩٠ درجة، لحام مفقود، لحام زائد، أو لحام مشوه ليس بالكامل رطب، القطع قرب الحواف أو الثقوب ملوية أو خارج اللوحة ... إلخ.

اختبار التشغيل:

الآن أنت على ثقة في الصانع خاصتك وفي المجمع خاصتك والآن حان دورك.

قبل أن تشغل الدارة أنت بحاجة إلى التأكد من أنه لن تحترق كاملة. هذا عادة ببساطة يحتاج للتأكد من ثلاثة أشياء:

١. الأرضي لديه ممانعة صغيرة لنفسه في مختلف أنحاء الدارة.
٢. التغذية لديها مقاومة غير صفرية بالنسبة إلى الأرضي.
٣. وبالتجوال عبر الدارة المشغلة للتأكد من التوصيلات الصحيحة بشكل يدوي ومن وجود الممانعات.

حالما تتأكد من كل شيء وتكون واثق من أنك لن تجعل شيء يصدر دخان عندما تشغل الطاقة!، أنت جاهز للانتقال إلى مرحلة التجريب والتنقيح.

التجريب والتنقيح

المتطلبات المسبقة:

- نماذج مجمّعة.
- التحري انتهى.

الأدوات:

- برنامج تتبع الثغرات.
- مقياس متعدد.
- مزود استطاعة خارجي.
- راسم اهتزاز، محلل منطقي، مبرمجة.

الخطوة التالية:

- الجودة والاختبار البيئي.

حالما تتأكد من كل شيء، أنت جاهز للانتقال إلى مرحلة التجريب والتنقيح.

دارتك ككل الدارات لها دفق موجه لها، هناك أشياء تحصل بحيث تسمح لأشياء أخرى أن تحدث، يمكن أن يكون ببساطة قاطع تم قلبه، بحيث يغذي الـ ١٢ فولت مكان ٣.٣ فولت والذي سوف يغذي لاحقاً المتحكم.

التفتيش عن الثغرات يرتبط بفهم دفق لدارتك، فهم المداخل والمخارج إلى كل طور من تغذية دارتك. سوف يسمح لك عمل الدارة اكتشاف هذه الأشياء التي تذهب لنحو خاطئ لتصليحهم بشكل نهائي.

ابدأ من البداية. ماذا حصل في البداية؟ ما هي أول إشارة تدل أن الأمور خاطئة؟ ما هي آخر إشارة تدل أن الأمور جيدة؟ حالما تملك ما تستند عليه لمشكلتك يمكنك البدء بتفحص النقاط بينها. أبسط طريقة يمكن القيام بها هي بواسطة مقياس متعدد، افحص الفولت لجزء وقارنه مع توقعاتك، إذا كان جيد يمكنك الانتقال إلى الأمام، إذا خاطئ أنت بحاجة لأن ترجع إلى الخلف. يجب أن تجد الرقعة المحددة مكان التحول من الشيء الجيد إلى الشيء الخاطئ وسوف تكون قادر على نبش سبب الثغرة وستتمكن من إصلاحها.

حالما تنتهي من تفحص المشاكل، وإنجاز التغيرات اللازمة لجعل تصميمك يعمل وتعلمك كل شيء ممكن من المراجعة الحالية؛ أنت جاهز لطلب نموذج جديد وللانتقال إلى طور التحقق مرة أخرى.

إذا لم يكن لديك أي تعديلات في النسخة وأن التعديلات بسيطة كفاية لتطبق ECOs (Engineering Change Orders) خلال عملية الإنتاج. أنت جاهز للانتقال إلى اختبار البيئة والجودة إذا كان مطلوب ذلك أو اذهب مباشرة إلى الإنتاج.

اختبار الجودة والبيئة

المتطلبات المسبقة:

- نماذج تعمل على الأغلب.
- بعض التحقق والبحث عن ثغرات.

الأدوات:

- غرفة الاختبار المحيطي.
- حساس إشعاعات راديوية.
- برنامج تعقب ثغرات.

الخطوة التالية:

- الاختبار واكتشاف الثغرات (عندما تتعطل).

حالما يتم تنقيح تصميمك من الثغرات بشكل كافي وتم اختباره عدة مرات، أنت جاهز للانتقال إلى الجودة والبيئة.

وبافتراض أنك اكتشفت بعض الثغرات أو الأخطاء، فإنك بحاجة للانتقال إلى الاختبار والتنقيح والقيام ببعض التعديلات التصميمية وإنتاج بعض النماذج.

حالما تقوم باختبارات جودة داخلية وخارجية ويكون منتجك أصبح مؤهل لدرجة مقبولة؛ أنت جاهز للانتقال إلى الإنتاج.

القسم الخامس

الإنتاج

الإنتاج هي عملية تواصل. إنها عبارة عن بَذلِك طاقتك الكامنة والتي طورت من خلالها في العمليات السابقة، وتحسين الحالات التي فيها عيوب، وأخذ بعض من النماذج ودمجهم بطريقة ما وإيجاد سبيل للإنتاج الواسع.

تاريخياً كنت تجد بعض الشركات التي تستدين بعض النقود، وتبنى مصنعاً، وتوظف بضع مئات العاملين، وتبدأ بإنتاج الراديوهات أو التلفزيونات. ولكن هذه الأيام بسبب سلاسل التزويد، والمصانع والخبرات منخفضة التكلفة، سوف تبرم عقد في أغلب العملية، لتنتهي بعملية الإنتاج الواسع Mass Production. من أجل ذلك سوف تتعاقد مع الخدمات التالية:

- تزويد المكونات.
- تصنيع ميكانيكي مغلق.
- تصنيع الدارات المطبوعة.
- تجميع العناصر مع الدارات المطبوعة.
- تجميع المنتج.
- الاختبار النهائي.

الهدف أن تزود زبائنك بأعلى جودة وبأخفض سعر وبأعلى هامش ربح ممكن، مع تحسين لهذه المعاملات.

في كثير من الحالات المثالية نظم التصنيع الموسع تحوي الآليات الستة الماضية، ومع هذا فإنه على الأغلب سوف تنجح وتنتهي مواردك في الآليات الأربعة الأولى. هناك ثلاث عتبات أساسية في طور التصنيع (استخراج للتصنيع، التصنيع الموسع وجنوب غرب آسيا BOM، DFT، DFM ومفاضلة تحسين السعر).

شاركها

المتطلبات المسبقة:

- النمذجة والتنقيح للتصميم.

الأدوات:

- مجتمع عتاد.

الخطوة التالية:

- استخراج للتصنيع.
- Kickstarter وتمويل الجموع.

حالما تقوم بالتعديلات اللازمة التصميمية، أو تعديلات صغيرة على التوثيق بحيث تكون صغيرة كفاية لتطبيق ECOs؛ أنت جاهز للانتقال إلى التصنيع.

أقترح بشدة عليك أن تجعل التصميم الذي أنهيت تصميمه متوفر بأوسع شكل ممكن، هناك سببين رئيسين للقيام بهذا، أولاً: يحسن بشكل كبير الاتصال بين كل المساهمين، وسوف تكون واثق من أنكم جميعاً تتكلموا حول الشيء نفسه (و لديكم شيء تشيروا إليه)، وسوف تكون قادر لقبول الاقتراحات والتعديلات من هؤلاء المساهمين، ودون ذلك لن تتمكن من ذلك، وربما الأهم من ذلك أن تصميمك الذي تدفعه للتصنيع ستتأكد من أنه بين يدي المصنع بأحدث نسخة وأعلى جودة معلومات ممكنة.

السبب الثاني: في رحلتك الطويلة لهذه اللحظة لقد اقترضت بشكل كبير من مجتمع المصممين، وأعدت استخدام المخططات، والمكتبات التشاركية، والتصميمات المرجعية، ومشاركة تصميمك سوف يسمح لمهندسي العتاد بالتعلم من تصميماتك، وأن يبنوا على إنجازاتك، مغطين نفس الأساسيات بشكل أسرع، وربما على الأغلب يعطوك اقتراحات وتحسينات.

حالما يتم مشاركة تصميماتك، يمكنك الترويج لها لكي تستخدم في مكونات أساسية في تصميمات أخرى لمهندسي العتاد، أو يمكنك التماس الاقتراحات من أجل تحسين الإصدار القادم، وسوف تبدو خبير حول نوع العتاد الذي تصميمك مبني عليه.

إذا كان تصميمك معد للإنتاج الموسع يمكنك الانتقال إلى استخراجه من أجل الصانعين، وكذلك ابحث طريقة من أجل تمويل التصنيع أو ببيع مستبق باعتماد خدمات مثل Kickstarter.

الاستخراج للتصنيع

المتطلبات المسبقة:

- تصميم منقح ومنمذج.
- التمويل أو البيع المستبق لتغطية تكاليف التصنيع.

الأدوات:

- أداة تصميم Gerber tool.
- نظام إدارة موارد ERP.
- برنامج جداول Spreadsheet.

الخطوة التالية:

- التصنيع الموسع وجنوب آسيا.

يتداخل معظم هذه الخطوة مع بناء الأرشيف من أجل النمذجة الذي مر لاحقاً، وننصحك بمراجعة تلك الفقرة قبل الإكمال في العملية.

بالاعتماد على ترتيبات المزود، أنت بحاجة إلى البدء ببناء أرشيف. فكر بالأرشيف ككتيب تعليمات لبناء تصميمك، بالإضافة إلى الملفات التي جُمعت في مرحلة النمذجة والتي ترغب في تضمينها، وأي درس تعلمته في مرحلة التنقيح والنمذجة السابقة، وطلبات ECOs، ومخطط تجربة الجودة لتصميمك من خلال التصنيع.

الأرشيف يجب أن يكون بصيغة.zip ويجب أن يهيكل كالتالي، معظم الملفات شرحت في فقرة النمذجة:

- readme.txt
- assembly_info
    - assembly_spec.txt
    - bom.csv
    - centroids.txt
- design_files
    - design_[[version]].json
    - link_to_online_design_viewer.url
- manufacturing_info
    - manufacturing_spec.txt
    - drill_files
        - [[long list of excellon drill files]]
- gerber_files
    - [[long list of gerber files]]
- misc
    - [[anything else you think they will need]]
- eco
    - [[any engineering change orders]]
- testing
    - [[test plan, test jig details & test software]]

هناك نماذج من أجل كل هذه الملفات في فقرة المراجع في الأسفلولكن هذه جولة سريعة في الملفات غير المتضمنة في فقرة النمذجة ولماذا نحن بحاجة لها.

eco

ضع كل وثائق الـ eco المطلوبة لمراجعة النموذج المصنع حديثاً PCA حتى أحدث نسخة لديك. يجب أن يكون صريح وخطوة بخطوة مطبقاً CEO متضمناً صور لو تطلب الأمر.

testing

هذا المجلد يجب أن يسرد تفاصيل أي اختبار تتوقع أن يقوم به الصانعون. سوف يكون هناك عملية اختبار بالرج وبعض من الاختبار البرمجي. مع نضوج المنتج يجب أن يتم الاختبار من قبل المصنع كوصول أي قطعة مضروبة بغض النظر عن مدى العطل، ويمكن أن تكون غير قابلة للاستعادة مما يشكل عبء مالي على شركتك.

حالما تجمع كل الملفات التي تحتاجها والأرشيف؛ أنت بحاجة إلى الاتصال مزود التصنيع الموسع، إن كان ممكناً، قد يكون قيماً أن تبقى قريباً من مزود نماذجك، في حين التحول إلى مستوى عمليات إنتاج موسعة. هناك عدد من مقدمي الخدمات في العالم المتقدم، التي تساعدك في التحول إلى بلدان التكلفة الأخفض.

تجوال التصنيع

المتطلبات المسبقة:

- مراجعة التصميم أقرت.
- تشكيلة من ملفات التصنيع Gerbers, Centroids, BOM, Specifications.

الأدوات:

- الهاتف والبريد الإلكتروني.
- مترجم.
- عميل FTP.

الخطوة التالية:

- الإنتاج الموسع وجنوب غرب آسيا.

هذه أقل من عتبة وهي على الأكثر شرح للعملية التي يتحول فيها تصميمك إلى عتاد فيزيائي، تستطيع أن تعامل هذه الفقرة كمعلومات عامة فقط، ويمكنك أن تتجاهلها.

إن تصنيع الدارات المطبوعة لا يزال ينجز عبر عملية كيميائية ضوئية، والتالي هي المراحل التي يدمج بين صفائح النحاس والفايبركلاس والصمغ لتصبح الدارة المطبوعة التي نحبها ونعرفها.

- الصفيح النحاسي يُعرض إلى أشعة تحت بنفسجية للتحكم بأي من الأجزاء من النحاس سوف تُحك وأيها سوف تبقى.
- الدارات ذات الطبقات المتعددة، سوف تطبع طبقاتها منفصلة ثم تدمج سوية.

إن عملية التجميع لا تزال تتأثر بالجهد البشري، والتالي هي الخطوات هي خطوات الجمع بين القطع والدارة المطبوعة الخام لتلحم سوية وتصبح PCA.

- تحميل عجلات ألات الأخذ - توضيع.
- تحديد أنماط حرارة الأفران.
- تحميل العناصر عبر الثقوب في أماكنها قبل موجة اللحام.
- تجميع كلي أو قطعة - قطعة من أجل الدارات البسيطة.

حالما تنتهي الـ PCAs يمكنك الانتقال إلى مرحلة تجريبهم، قبيل أن يتم تهييئها بشكل مركز أكثر وشحنها إلى المستهلكين.

Kickstarter وتمويل الجموع

المتطلبات المسبقة:

- تصميم منقح ومنمذج.
- سعر بيع وسعر تقريبي للقطعة الواحدة.
- القصة مع إثبات اجتماعي.

الأدوات:

- الرخصة.
- برنامج فيديو.

الخطوة التالية:

- الإنتاج الموسع وجنوب غربي آسيا.

حالما تنتقل إلى الإنتاج وفي حال إن لم يكن لديك مجال لتمويل الإنتاج الموسع، أو أنت بحاجة إلى التوزيع، أو تريد أن تخفف المخاطرة وأردت بيع مستبق لمنتجك، عليك أن تتجه إلى تمويل الجموع. ظهر مؤخراً عدد قليل من منصات التمويل للأعمال الإبداعية، والتي يعرف منها أكثر شيء منصة Kickstarter.

الفكرة الأساسية هي أنه هناك شخص ولديه مشروع بحاجة إلى تمويل، فقام بتوثيق مشروعه على الموقع الذي يسوق له إلى مجتمع من مؤيدي المشروع. يتعهد المؤيد بمبلغ من المال مقابل أشياء مختلفة يستفيد منها بالاعتماد على حجم المبلغ المودع للمشروع. والشيء الحذر الوحيد في هذه الفكرة أنه في حال لم يصل المشروع لمستوى تمويل أدنى، فإنه لن يحصل على شيء.

منصة Kickstarter ومنصات التحويل الجمعي الأخرى تعترف أنها ليس منصات للبيع المسبق، وأنها أداة للتبرع أو الاستثمار في مشاريع تحب أن تراها تظهر للحياة (ولو دون أمان أو حتى جدوى استثمار راجعة)، وفي الأثناء لا يزال الأشخاص يستمرون في استخدام هذه المنصات للبيع المسبق، ولا يزال المؤيدون يتوقعون من استثمارهم قيمة راجعة ما.

إنه من ضمن اهتمامات المنصة الداخلية أن تبرز وتشجع المشاريع التي ستكون ناجحة. عندما تكون متجهز أكثر، ستكون القصة التي ستروبها أفضل، وبالتالي سيكون عرضك للإثبات الاجتماعي أكثر فرصة في النجاح، وسيكون مشروعك أكثر فرصة لاختياره للتمويل وسوف تجني هدفك على الأغلب.

هناك شعور سلبي متنامي تجاه المنتجات الفيزيائية الممولة على Kickstarter، وذلك لأنها لا تشحن في الوقت المحدد إلا نادراً، وكثير من الشركات تطلق المنتجات تم أرشفتها (بعد أن تتلقى التمويل)، وتفشل في شحن أي شيء.

هناك العديد من منصات نائية للبيع المسبق لمكافحة هذه الأخطاء، والتي تختلف عن التمويل الجماعي حيث سوف يُضمن لك أنت الزبون وصول البضاعة أو أن تُرد لك الأموال وغالباً من خلال إطار زمني محدد.

بغض النظر أيها تفضل، إلا أن كلا الحالتين تشكلان قنوات توزيع والتي يمكنك أن تستخدمها لتحصل على منتجك في واجهة المتجر.

إذا اخترت أن تموَّل بشكل جماعي أو من خلال البيع المسبق، فأنت بحاجة إلى أن تروي قصة رائعة، وأن توضح الإثبات الاجتماعي المسبق، وأن تأتي لتوفي وعودك.

واسرد كيف بدأت تطويره، وإذا اخترت أن تضمن فيديو، خذ بالاعتبار توظيف فريق عمل محترف في مجال الأفلام بالمهارات الصحيحة والأدوات كذلك، لكي تخبر قصتك، واعرض منتجك في أفضل إضاءة ممكنة.

حالما تجمع المال الكافي لتبدأ الإنتاج الموسع لمنتجك؛ أنت جاهز للبدء بهذه العمليات. مع التمنيات ألا تكون بحاجة لأن تصمم ما حصلت التمويل من أجل إنتاجه!

الإنتاج الموسع وجنوب غرب آسيا

المتطلبات المسبقة:

- تصميم منمذج ومنقح.
- تشكيلة من ملفات التصنيع: Gerbers, Centroids, BOM, Specifications.
- اكتفاء في التمويل أو البيع المسبق لتغطية أجور التصنيع.

الأدوات:

- بريد إلكتروني وهاتف.
- مترجم.
- عميل FTP.

الخطوة التالية:

- DFM ،DFT وتحسين السعر.

حالما تجمع كل الملفات التي تحتاجها وتجمع الأرشيف، يجب أن تبدأ بالاتصال مع المزود.

العملية ستكون على الأغلب سلسلة من المفاوضات وتوقيع العقود، وإذا كان ممكناً قد يكون مجدياً أن تستمر بأحجام صغيرة مع مزود النماذج الخاص بك وأنت تتحول إلى عملية الإنتاج الموسع، وهناك عدد من خدمات العالم المتقدم، تؤمن لك المساعدة في الانتقال إلى مناطق التكلفة الأقل (انظر للمراجع أدناه)

الانتقال إلى الإنتاج على المستوى الكامل سيكون على الأغلب نتيجة مرحلة من التطوير والإدارة لتتأكد أن المزود الجديد يقوم بالإنتاج بالمستوى المطلوب من الجودة. أنت الآن بحاجة إلى إدارة عبء رجوع الوحدات المعطلة.

أحد الأشياء الذي ينفذ بشكل سلسل والذي يجب أن تحسنه هو الهامش من خلال التصميم التصنيعي واختبار التصميم، وتحسين تكلفة الـ BOM، أو أن تكون تعمل على المراجعة اللاحقة لمنتجك.

DFM و DFT وتحسين تكلفة BOM

المتطلبات المسبقة:

- تصميم منمذج ومصمم.
- عملية الإنتاج الواسع.

الأدوات:

- أدوات تصميم (تصميم فيزيائي، استخراج BOM).
- نظام إدارة موارد.
- برنامج جداول.

الخطوة التالية:

- التغذية الراجعة من الإنتاج الموسع.

حالما تعمل الأشياء بسلاسة بالإنتاج الموسع، يجب أن تكون قادر على الانتقال إلى تحسين الهوامش في التصميم التصنيعي، واختبار التصميم وتحسين تكلفة BOM.

وعندما تكون لديك نماذج جديدة لتصميمك مع تحسين في قائمة المواد، يمكنك البدء في تحديث عملية الإنتاج الموسع، وتوقع بعض الألم في كل وقت تقوم بعملية التحديث، ويجب إعادة العمل بالأدوات ويميل ليكون العمل بطيء والذي سيكون فيه سوء فهم وتراجعي.

انتهى؟

لهذه المرحلة لقد ارتحلت في كل دورة المنتج من التفكير ومروراً بالتصميم والتأكد والإنتاج. أنت جاهز الآن لبدء العمل على المنتج اللاحق! شكراً لك لمحاولة بناء شيء حقيقي ونرجو أن تشارك خبرتك وتساعد المخترعين في تحقيق أحلامهم.

ملحق

- خطوتك الأولى مع Upverter:
www.upverter.com/learn/en/first-steps-upverter

- المخططات النظرية:
www.upverter.com/learn/en/schematic-capture-upverter

- المخططات الفيزيائية:
www.upverter.com/learn/en/pcb-layout-upverter

- الموارد:
www.upverter.com/learn/en/resources

- المراجع:
www.upverter.com/learn/en/references